

山东省工程建设标准

600MPa 级普通热轧带肋钢筋 应用技术规程

Technical specification for application of 600MPa level
ordinary hot rolled ribbed bars

DB37/T 5144 — 2019

住房城乡建设部备案号：J 14795 — 2019

主编单位：中建八局第一建设有限公司
山东钢铁股份有限公司莱芜分公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

实施日期：2019 年 12 月 1 日

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省质量技术监督局《关于印发〈2017 年山东省工程建设标准制订、修订计划（第一批）〉的通知》（鲁建标字〔2017〕17 号）的要求，编制组经广泛调查研究，依据国家和行业相关标准、规范，结合我省实际，编制了本规程。

本规程的主要内容是：总则、术语和符号、基本规定、材料、结构设计、构造规定、施工、质量验收及相关附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由中建八局第一建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送至中建八局第一建设有限公司（地址：济南市工业南路 89 号，邮编：250100，联系电话：0531-66628920，传真号码：0531-66628777，电子邮箱：cscec81zsj@163.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员名单：

主 编 单 位：中建八局第一建设有限公司

山东钢铁股份有限公司莱芜分公司

参 编 单 位：山东省建设监理咨询有限公司

济南中建建筑设计院有限公司

山东省建设建工（集团）有限责任公司

青建集团股份有限公司

山东天齐置业集团股份有限公司

中铁十四局集团有限公司

昌大建筑科技有限公司

烟建集团有限公司

齐鲁交通发展集团有限公司

主要起草人员：董文祥 葛 杰 熊 浩 王中学 张爱军
孙庆亮 王亚坤 赵新华 乔元亮 赵忠杨
李 烨 卢加新 马桂宁 刘艳林 庞 茜
李应心 李 蕾 冯善中 王晓晓 赵佃宝
董先锐 杨宏飞 王 胜 冀科峰 李庆荣
王 剑 李 飞 汪俊波
主要审查人员：张维汇 崔士起 黄启政 蒋世林 付安元
邢庆毅 王广洋 张 毅 田思方

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
4	材料	7
5	结构设计	9
6	构造规定	12
6.1	钢筋的锚固	12
6.2	钢筋的连接	13
6.3	纵向钢筋的最小配筋率	15
7	施工	18
7.1	一般规定	18
7.2	钢筋加工	18
7.3	钢筋连接与安装	20
8	质量验收	24
8.1	一般规定	24
8.2	钢筋材料质量验收	24
8.3	钢筋加工质量验收	26
8.4	钢筋连接质量验收	27
8.5	钢筋安装质量验收	29
附录 A	热轧带肋钢筋技术条件	31
本规程用词说明		38
引用标准名录		39
附：条文说明		41

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	General Requirements	4
4	Materials	7
5	Structural Design	9
6	Detailing Requirements	12
6.1	Anchorage of Reinforcement	12
6.2	Splice of Reinforcement	13
6.3	Minimum Ratio of Reinforcement	15
7	Construction	18
7.1	Basic Requirements	18
7.2	Reinforcement Fabrication	18
7.3	Reinforcement Connection and Fixing	20
8	Quality Acceptance	24
8.1	Basic Requirements	24
8.2	Acceptance of Materials	24
8.3	Acceptance of Reinforcement Fabrication	26
8.4	Acceptance of Reinforcement Connection	27
8.5	Acceptance of Reinforcement Fixing	29
Appendix A Technical Requirements of Hot Rolled Ribbed Bars		31
Explanation of Wording in This Code		38
List of Quoted Standards		39
Addition; Explanation of Provisions		41

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家环保节能的技术经济政策，在混凝土结构工程中合理推广应用 HRB600 及 HRB600E 钢筋，做到安全适用、技术先进、经济合理、方便施工，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于配置 HRB600 及 HRB600E 钢筋的工业与民用建筑和一般构筑物的钢筋混凝土结构以及预应力混凝土结构的设计、施工和质量验收。

1.0.3 采用 HRB600 及 HRB600E 钢筋的混凝土结构设计、施工和验收除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 热轧钢筋 hot rolled bars

按热轧状态交货的钢筋，其金相组织主要是铁素体加珠光体，不得有影响使用性能的其他组织（如基圆上出现的回火马氏体组织）存在。

2.1.2 带肋钢筋 ribbed bars

横截面通常为圆形，且表面带肋的混凝土结构用钢材。

2.1.3 HRB600 及 HRB600E 钢筋 HRB600 and HRB600E reinforcing bars

强度级别为 600MPa 的普通热轧带肋钢筋。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

E_s ——钢筋的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

HRB600——强度级别为 600MPa 的热轧带肋钢筋；

HRB600E——强度级别为 600MPa 具有较高抗震性能并符合相关要求的热轧带肋钢筋；

f_{yk} ——热轧带肋钢筋屈服强度标准值；

f_{stk} ——热轧带肋钢筋极限强度标准值；

f_y 、 f'_y ——热轧带肋钢筋抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——横向钢筋抗拉强度设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

δ_{gt} ——钢筋最大力下的总伸长率，也称均匀伸长率。

2.2.2 几何参数

b ——矩形截面宽度，T 形、I 形截面的腹板宽度；

h ——截面高度；
 b_f 、 h_f ——T形、I形截面受拉翼缘的宽度和高度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 d ——钢筋的公称直径（简称直径）或圆形截面的直径；
 l_{ab} ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度；
 l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度；
 l_{aE} ——纵向受拉钢筋的抗震锚固长度；
 c_s ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离；
 A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；
 A_s ——受拉区纵向普通钢筋截面面积；
 A_p ——受拉区纵向预应力筋截面面积；
 d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径（mm）；
 d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径；
 ω_{max} ——按荷载准永久组合或标准组合，并考虑长期作用影响的计算最大裂缝宽度。

2.2.3 计算系数及其他

α ——锚固钢筋的外形系数；
 ζ_a ——钢筋锚固长度修正系数；
 ζ_{aE} ——纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数；
 ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；
 ρ_{min} ——纵向受力钢筋的最小配筋率；
 σ_s ——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉普通钢筋应力或按标准组合计算的预应力混凝土构件纵向受拉钢筋等效应力；
 α_{cr} ——构件受力特征系数；
 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；
 n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数；
 ν_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数；
 C_w ——受弯构件裂缝宽度修正系数。

3 基本规定

3.0.1 钢筋混凝土构件中的纵向受力钢筋宜采用 HRB600 及 HRB600E 钢筋。

3.0.2 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表达时，结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.0.2-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (3.0.2-2)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数：在持久设计状况和短暂设计状况下，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0，对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9；对地震设计状况应取 1.0；

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值：对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

R ——结构构件的抗力设计值；

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数；

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数：静力设计取 1.0，对不确定性较大的结构构件，根据具体情况取大于 1.0 的数值；抗震设计应采用承载力抗震调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} ；

f_c 、 f_s ——混凝土、钢筋的强度设计值，应分别根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定和本规程的规定取值；

α_k ——几何参数的标准值，当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时，应增减一个附加值。

3.0.3 对于正常使用极限状态，钢筋混凝土构件按荷载的准永久组合并考虑长期作用的影响，预应力混凝土构件按荷载的标准组合并考虑长期作用的影响，并均应采用下列极限状态设计表达式进行验算：

$$S \leq C \quad (3.0.3)$$

式中：S ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值；

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、应力、裂缝宽度和自振频率等的限值。

3.0.4 结构构件正截面的受力裂缝控制等级分为三级，等级划分及要求应符合下列规定：

一级——严格要求不出现裂缝的构件，按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力。

二级——一般要求不出现裂缝的构件，按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土抗拉强度标准值。

三级——允许出现裂缝的构件：对钢筋混凝土构件，按荷载的准永久组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的最大裂缝宽度限值。对预应力混凝土构件，按荷载的标准组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的最大裂缝宽度限值；对二a类环境的预应力混凝土构件，尚应按荷载准永久组合计算，且构件边缘混凝土的拉应力不应大于混凝土的抗拉强度标准值。混凝土结构的环境类别根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的规定进行划分。

3.0.5 热轧带肋钢筋混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的准永久组合，预应力混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的标准组合，并均应考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值不应超

过现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的挠度限值。

3.0.6 HRB600 及 HRB600E 钢筋宜优先采用机械连接和绑扎搭接。机械连接接头的类型及质量应符合国家现行有关标准的规定。当采用焊接时，必须依据现行相关国家标准进行焊接试验，试验结果满足《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 相关规定后方可采用。混凝土结构中受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处。在同一根受力钢筋上宜少设接头。在结构的重要构件和关键传力部位，纵向受力钢筋不宜设置连接接头。

4 材 料

4.0.1 钢筋的技术要求应符合本规程附录 A 的规定。钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

钢筋的屈服强度标准值 f_{yk} 、极限强度标准值 f_{stk} 应按表 4.0.1 采用。

表 4.0.1 钢筋强度标准值 (N/mm²)

钢筋牌号	符 号	公称直径 d (mm)	屈服强度标 准值 f_{yk}	极限强度标准值 f_{stk}
HRB600		6~50	600	730
HRB600E				750

4.0.2 钢筋的抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f'_y 应按表 4.0.2 采用。

表 4.0.2 钢筋强度设计值 (N/mm²)

钢筋牌号	抗拉强度设计值 f_y	抗压强度设计值 f'_y
HRB600, HRB600E	520	490

对轴心受压构件，当采用 HRB600、HRB600E 钢筋时，钢筋的抗压强度设计值 f'_y 应取 400N/mm²；当用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时，横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应取 360N/mm²；当用作围箍约束混凝土的间接配筋时，横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 可不受此限制。

4.0.3 HRB600、HRB600E 钢筋的弹性模量 E_s 可取 2.0×10^5 N/mm²。

4.0.4 钢筋在最大力作用下的总伸长率 δ_{gt} 应符合表 4.0.4 的规定。

表 4.0.4 钢筋在最大力作用下的总伸长率限值

钢筋牌号	总伸长率限值 δ_{gt} (%)
HRB600	≥ 7.5
HRB600E	≥ 9.0

4.0.5 应用 HRB600、HRB600E 钢筋的混凝土结构，梁、板的混凝土强度等级不应低于 C30；墙、柱的混凝土强度等级不应低于 C35，不宜低于 C40。

4.0.6 当结构设计有抗震设防要求时，其纵向受力钢筋的性能应满足设计要求；当设计无具体要求时，按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件（含梯段），其纵向受力普通钢筋采用 HRB600E 时，应符合下列要求：

1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；

2 钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30；

3 钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9.0%。

4.0.7 钢筋的尺寸、外形应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定；HRB600 及 HRB600E 钢筋实际重量与理论重量的允许偏差应符合表 4.0.7 的规定。

表 4.0.7 钢筋实际重量与理论重量偏差限值

公称直径/mm	实际重量与理论重量的偏差 (%)
6~12	± 6.0
14~20	± 5.0
22~50	± 4.0

5 结构设计

5.0.1 配置热轧带肋钢筋的混凝土结构，其承载能力极限状态和正常使用极限状态的验算，应符合本章的规定。本规程未做规定的，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 及现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等的规定。

5.0.2 当采用塑性内力重分布分析方法进行承载能力极限状态计算时，应符合下列要求：

1 配置热轧带肋钢筋的混凝土连续梁和连续单向板，可采用塑性内力重分布方法进行分析。

重力荷载作用下的框架、框架—剪力墙结构中的现浇梁以及双向板等，经弹性分析求得内力后，可对支座或节点弯矩进行适当调幅，并确定相应的跨中弯矩。

2 按考虑塑性内力重分布分析方法设计的结构和构件，应满足正常使用极限状态要求且采用有效的构造措施。

对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于三 a、三 b 类环境情况下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

3 现浇钢筋混凝土框架梁端边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%；弯矩调整后的梁端截面计入受压钢筋作用的相对受压区高度不应超过 0.35，且不宜小于 0.10。钢筋混凝土板的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%。

5.0.3 在矩形、T 形、倒 T 形和 I 形截面的钢筋混凝土受拉、受弯和偏心受压构件及预应力混凝土轴心受拉和受弯构件中，按荷载标准组合或准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 $\omega_{\max}$ 可按下列公式计算：

$$\varepsilon_{\max} = C_w \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1.9c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \quad (5.0.3-1)$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_s} \quad (5.0.3-2)$$

$$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i \nu_i d_i} \quad (5.0.3-3)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s + A_p}{A_{te}} \quad (5.0.3-4)$$

式中： α_{cr} ——构件受力特征系数，按表 5.0.3 采用；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ；当 $\psi > 1.0$ 时，取 $\psi = 1.0$ ；对直接承受重复荷载的构件，取 $\psi = 1.0$ ；

σ_s ——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉普通钢筋应力或按标准组合计算的预应力混凝土构件纵向受拉钢筋等效应力；

E_s ——钢筋的弹性模量；

c_s ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离 (mm)；当 $c_s < 20$ 时，取 $c_s = 20$ ；当 $c_s > 65$ 时，取 $c_s = 65$ ；

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；对无粘结后张构件，仅取纵向受拉普通钢筋计算配筋率；在最大裂缝宽度计算中，当 $\rho_{te} < 0.01$ 时，取 $\rho_{te} = 0.01$ ；

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；对轴心受拉构件，取构件截面面积；对受弯、偏心受压和偏心受拉构件，取 $A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f$ ，此处 b_f 、 h_f 为受拉翼缘的宽度、高度；

A_s ——受拉区纵向普通钢筋截面面积；

A_p ——受拉区纵向预应力筋截面面积；

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径 (mm)；对无粘结后张构件，仅为受拉区纵向受拉普通钢筋的等效直

- 径 (mm);
- d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径; 对于有粘结预应力钢绞线束的直径取为 $\sqrt{n_1}d_{pl}$, 其中 d_{pl} 为单根钢绞线的公称直径, n_1 为单束钢绞线根数;
- n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数; 对于有粘结预应力钢绞线, 取为钢绞线束数;
- ν_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数, 可取 1.0; 对有环氧树脂涂层的钢筋, 可取 0.8;
- C_w ——受弯构件裂缝宽度修正系数: 对承受吊车荷载但不需做疲劳验算的受弯构件, 取 $C_w = 0.85$; 对按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定配置表层钢筋网片的梁, 取 $C_w = 0.7$; 对 $e_0/h_0 \leq 0.55$ 的偏心受压构件, 可不验算裂缝宽度; 对处于二 a 类环境下的地下室底板, 取 $C_w = 0.7$; 其他情况, 取 $C_w = 0.85$ 。当构件为非受弯构件时, 取 $C_w = 1$ 。

表 5.0.3 构件受力特征系数

类型	α_{cr}	
	钢筋混凝土构件	预应力混凝土构件
受弯、偏心受压	1.9	1.5
偏心受拉	2.4	—
轴心受拉	2.7	2.2

5.0.4 热轧带肋钢筋混凝土受弯构件的挠度验算, 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

5.0.5 当进行钢筋代换时, 除应符合设计要求的构件承载力、最大力下的总伸长率、裂缝宽度验算以及抗震规定以外, 尚应满足最小配筋率、钢筋间距、保护层厚度、钢筋锚固长度、接头面积百分率及搭接长度等构造要求。

6 构造规定

6.1 钢筋的锚固

6.1.1 配置于混凝土结构中的热轧带肋钢筋，当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋的锚固应符合下列要求：

1 基本锚固长度应按下列公式计算：

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (6.1.1-1)$$

式中： l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

α ——锚固钢筋的外形系数，可取 0.14 或根据试验测定；

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用；当混凝土强度等级高于 C60 时，按 C60 取值；

d ——锚固钢筋的直径。

2 受拉钢筋的锚固长度应根据锚固条件按下列公式计算，且不应小于 200mm：

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (6.1.1-2)$$

式中： l_a ——受拉钢筋的锚固长度；

ζ_a ——锚固长度修正系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6。

3 抗震设计时，纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下式计算：

$$l_{aE} = \zeta_{aE} l_a \quad (6.1.1-3)$$

式中： l_{aE} ——纵向受拉钢筋的抗震锚固长度；

ζ_{aE} ——纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数，对一、二

级抗震等级取 1.15，对三级抗震等级取 1.05，对四级抗震等级取 1.00。

4 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 $5d$ 时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋，其直径不应小于 $d/4$ ；对梁、柱、斜撑等构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等平面构件间距不应大于 $10d$ ，且均不应大于 100mm，此处 d 为锚固钢筋的直径。

6.1.2 梁柱节点中纵向受拉钢筋的锚固要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

6.1.3 当混凝土结构中的热轧带肋钢筋采用钢筋锚固板锚固时，锚固区的设计及钢筋锚固板的安装应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。

6.2 钢筋的连接

6.2.1 轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接；当其他构件中的钢筋采用绑扎搭接时，受拉钢筋直径不宜大于 25mm，受压钢筋直径不宜大于 28mm。

6.2.2 公称直径小于 14mm 的钢筋不宜采用机械连接。

6.2.3 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜互相错开。钢筋绑扎搭接接头区段的长度为 1.3 倍搭接长度，凡搭接接头中点位于该搭接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段（图 6.2.3）。纵向受力钢筋的搭接长度按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定计算。同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面积的比值。当直径不同的钢筋搭接时，按直径较小的钢筋计算。

位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率：对梁类、板类及墙类构件，不宜大于 25%；对柱类构件，不宜大于 50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋搭接接头面积百分率时，对梁类构件，不宜大于 50%；对板、墙、柱及预制构件的拼接处，可根据实际情况放宽。

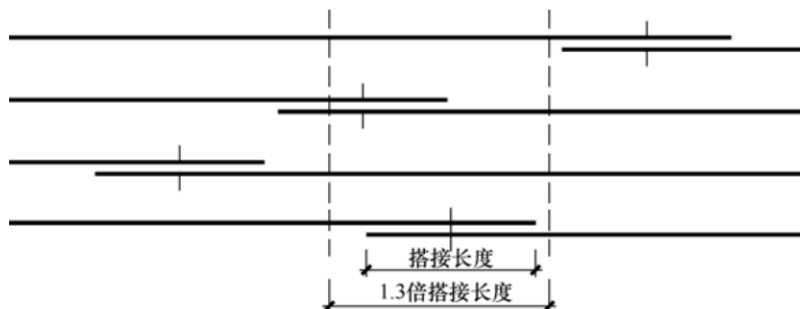


图 6.2.3 同一连接区段纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头

注：图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根，

当钢筋直径相同时，接头面积百分率为 50%。

6.2.4 纵向受力钢筋的机械连接接头宜相互错开。钢筋机械连接区段的长度为 $35d$ ， d 为连接钢筋的较小直径。凡接头中点位于该连接区段长度内的机械连接接头均属于同一连接区段。

位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%；但对板、墙、柱及预制构件的拼接处，可根据实际情况放宽。纵向受压钢筋的接头百分率可不受限制。

直接承受动力荷载的结构构件中的机械连接接头，除应满足设计要求的抗疲劳性能外，位于同一连接区段内的纵向受力钢筋接头面积百分率不应大于 50%。

机械连接套筒的保护层厚度宜满足有关钢筋最小保护层厚度的规定。机械连接套筒的横向净间距不宜小于 25mm；套筒处箍筋的间距仍应满足相应的构造要求。

6.2.5 当试验确定可采用焊接时，焊接接头应满足如下规定：

纵向受力钢筋的焊接接头应相互错开。钢筋焊接接头连接区段的长度为 $35d$ 且不小于 500mm， d 为连接钢筋的较小直径，凡接头中点位于该连接区段长度内的焊接接头均属于同一连接区段。

位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%；但对板、墙、柱及预制构件的拼接处，可根据实际情

况放宽。纵向受压钢筋的接头面积百分率可不受限制。

6.3 纵向钢筋的最小配筋率及保护层

6.3.1 当结构设计无抗震设防要求时，钢筋混凝土构件中的纵向受力钢筋的配筋率 $\rho_{\min}$ (%) 不应小于表 6.3.1 规定的数值。

表 6.3.1 纵向受力钢筋的最小配筋百分率 (%)

受力类型		最小配筋百分率
受压构件	全部纵向钢筋	0.50
	一侧纵向钢筋	0.20
受弯构件、偏心受拉构件、轴心受拉构件一侧的受拉钢筋		0.20 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值

- 注：1 受压构件全部纵向钢筋最小配筋百分率，当采用 C60 以上强度等级的混凝土时，应按表中规定增加 0.10；
- 2 偏心受拉构件中的受压钢筋，应按受压构件一侧纵向钢筋考虑；
- 3 受压构件的全部纵向钢筋和一侧纵向钢筋的配筋率以及轴心受拉构件和小偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率均应按构件的全截面面积计算；
- 4 受弯构件、大偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率应按全截面面积扣除受压翼缘面积 $(b'_f - b)h'_f$ 后的截面面积计算；
- 5 当钢筋沿构件截面周边布置时，“一侧纵向钢筋”系指沿受力方向两个对边中一边布置的纵向钢筋；
- 6 卧置于地基上的混凝土板，板中受拉钢筋的最小配筋率可适当降低，但不应小于 0.15%。

6.3.2 当结构设计有抗震设防要求时，钢筋混凝土构件中的纵向受力钢筋的配筋率 $\rho_{\min}$ (%) 应符合下列规定：

1 框架梁纵向受拉钢筋的配筋率不应小于表 6.3.2-1 规定的数值。

表 6.3.2-1 框架梁纵向钢筋的最小配筋百分率 (%)

抗震等级	梁中位置	
	支座	跨中
一级	0.40 和 $80f_t/f_y$ 中的较大值	0.30 和 $65f_t/f_y$ 中的较大值
二级	0.30 和 $65f_t/f_y$ 中的较大值	0.25 和 $55f_t/f_y$ 中的较大值
三、四级	0.25 和 $55f_t/f_y$ 中的较大值	0.20 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值

2 框架柱、框支柱、铰接排架柱中全部纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 6.3.2-2 规定的数值，同时，每一侧的配筋百分率不应小于 0.2；对Ⅳ类场地上较高的高层建筑，最小配筋百分率应增加 0.1。

表 6.3.2-2 柱全部纵向受拉钢筋的最小配筋百分率 (%)

柱类型	抗 震 等 级			
	一级	二级	三级	四级
中柱、边柱	0.9 (1.0)	0.7 (0.8)	0.6 (0.7)	0.5 (0.6)
角柱、框支柱	1.1	0.9	0.8	0.7

注：1 表中括号内数值用于框架结构的柱；

2 当混凝土强度等级为 C60 以上时，应按表中数值增加 0.1 采用。

3 剪力墙的水平 and 竖向分布钢筋的配筋应符合下列规定：

- 1) 一、二、三级抗震等级的剪力墙水平和竖向分布钢筋配筋率均不应小于 0.25%；四级抗震等级剪力墙不应小于 0.2%；
- 2) 部分框支剪力墙结构的剪力墙底部加强部位，水平和竖向分布钢筋配筋率不应小于 0.3%。

6.3.3 梁、柱、墙的箍筋构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

6.3.4 钢筋混凝土构件的横向钢筋配置、梁柱节点构造以及其他构造要求等，均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

有抗震设防要求的钢筋混凝土构件，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。

6.3.5 钢筋混凝土保护层厚度应符合表 6.3.5 的相关规定。

表 6.3.5 混凝土保护层的最小厚度 c (mm)

环境类别	板、墙、壳	梁、柱、杆
一	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

- 注：1 钢筋混凝土基础宜设置混凝土垫层，基础中钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm；
- 2 构件中受力纵筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径 d ；
- 3 设计使用年限为 50 年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度应符合表 6.3.5 的规定；设计使用年限为 100 年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于表 6.3.5 中数值的 1.4 倍。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.1 钢筋工程除符合本规程要求外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的相关规定。

7.1.2 钢筋连接方式应根据设计要求和施工条件选用。

7.1.3 钢筋的牌号和规格应按设计文件的规定采用。

7.1.4 对有抗震设防要求的结构，其纵向受力钢筋的性能应满足设计要求；当设计无具体要求时，应满足本规程第 4 章相关材料性能要求。

7.1.5 施工过程中钢筋严禁混用。

7.1.6 施工中发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应禁止使用该批钢筋。

7.1.7 钢筋进场时应进行外观质量检查及力学性能检测，钢筋应无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

7.2 钢 筋 加 工

7.2.1 钢筋加工宜采用专业化生产的成型钢筋，并宜集中加工、配送。

7.2.2 钢筋加工前应将表面清理干净。表面带有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。

7.2.3 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应对钢筋进行加热。钢筋应一次弯折到位，不得反复弯折。冬期施工和雨期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 和现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.2.4 钢筋不应采用具有延伸功能的机械设备进行调直。当采用冷拉方法调直时，热轧带肋钢筋的冷拉率不宜大于1%。钢筋调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。调直后的钢筋应平直，不应有局部弯折。钢筋不得采用冷拉方法提高强度。

7.2.5 HRB600 及 HRB600E 钢筋弯折的弯弧内直径应符合下列规定：

1 当直径为 28mm 以下时，弯弧内直径不应小于钢筋直径的 6 倍；

2 当直径为 28mm 及以上时，弯弧内直径不应小于钢筋直径的 7 倍；

3 箍筋弯折处弯弧内直径尚不应小于纵向受力钢筋的直径。

7.2.6 当纵向受拉钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时（图 7.2.6-1），钢筋锚固端的加工应符合国家现行相关标准的规定。钢筋的机械锚固应符合下列规定：

1 钢筋端部的弯钩及一侧贴焊的锚筋，位于构件截面的侧边或角部时，应该偏向内侧布置锚固锚头的方向（图 7.2.6-2），

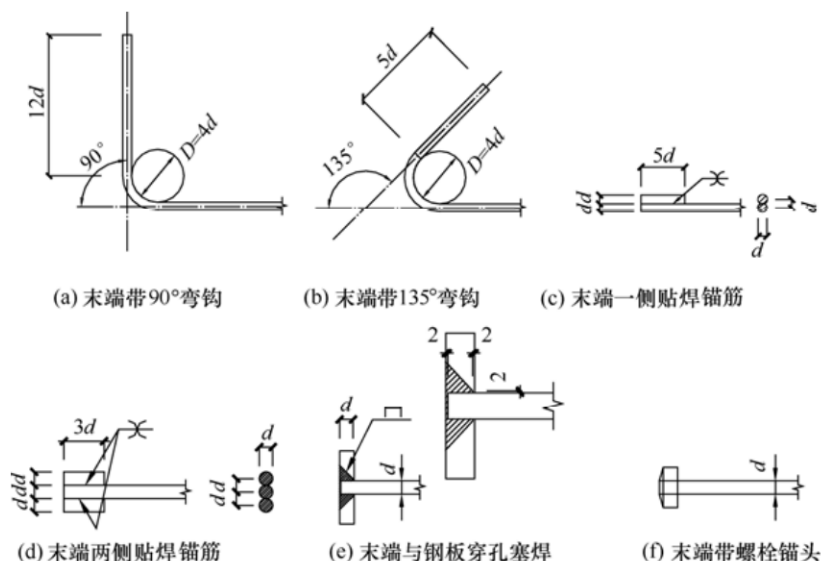


图 7.2.6-1 钢筋弯钩和机械锚固的形式与技术要求

防止由于偏向挤压力造成保护层混凝土外胀裂缝。

2 锚板和锚头的承压面积不应小于锚筋截面面积的 4 倍：当锚板和锚头为方形时，边长不应小于 $1.98d$ ；圆形锚板时直径不应小于 $2.24d$ ；六边形锚板时直径不应小于 $2.69d$ （图 7.2.6-3）， d 为锚固钢筋直径。

3 当机械锚头较集中时，机械锚头的钢筋净距不应小于 $4d$ ， d 为锚固钢筋直径。

4 受压纵向钢筋不应采用末端弯钩和单侧贴焊锚固形式。

5 采用钢筋锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定。

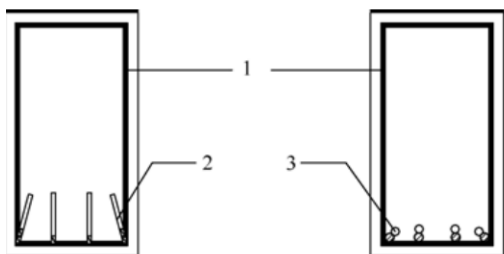


图 7.2.6-2 锚固钢筋的偏向性

1—箍筋；2—钢筋端部弯钩；3—贴焊锚筋

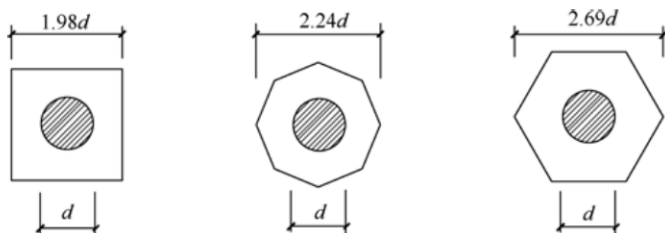


图 7.2.6-3 锚板和锚头的尺寸

7.3 钢筋连接与安装

7.3.1 钢筋的接头宜设置在受力较小处；有抗震设防要求的结

构中，梁端、柱端箍筋加密区范围内不宜设置钢筋接头，且不应进行钢筋搭接。同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上的接头。接头末端至钢筋弯起点的距离，不应小于钢筋直径的 10 倍。

7.3.2 钢筋机械连接应符合下列规定：

1 钢筋丝头现场加工与接头安装应按接头技术提供单位的加工、安装技术要求进行，操作工人应经专业培训合格后上岗，人员应稳定。钢筋丝头加工与接头安装应经工艺检验合格后方可进行。

2 机械连接接头的混凝土保护层厚度宜符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中受力钢筋的混凝土保护层最小厚度的规定；接头之间的横向净间距不宜小于 25mm。

3 机械连接接头材料及质量要求等应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

4 钢筋丝头加工及接头安装要求应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

7.3.3 机械连接接头的应用应符合下列规定：

1 混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对延性要求较高的部位应选用 II 级接头；当在同一连接区段内必须实施 100% 钢筋接头的连接时，应采用 I 级接头。

2 混凝土结构中钢筋应力较高但对延性要求不高的部位可采用 III 级接头。

7.3.4 结构构件中纵向受力钢筋的接头宜相互错开。钢筋机械连接的连接区段长度应按 $35d$ 计算，当直径不同的钢筋连接时，按直径较小的钢筋计算。位于同一连接区段内的钢筋机械连接接头的面积百分率应符合下列规定：

1 接头宜设置在结构构件受拉钢筋应力较小部位，高应力部位设置接头时，同一连接区段内 III 级接头的接头面积百分率不应大于 25%，II 级接头的接头面积百分率不应大于 50%。I 级接头的接头面积百分率除按本规程第 7.3.4 条第 2 款所列情况外可不受限制。

2 接头宜避开有抗震设防要求框架的梁端、柱端箍筋加密区；当无法避免时，应采用Ⅱ级接头或Ⅰ级接头，且接头面积百分率不应大于50%。

3 受拉钢筋应力较小部位或纵向受压钢筋，接头百分率可不受限制。

4 对直接承受动力荷载的结构构件，接头百分率不应大于50%。

7.3.5 钢筋焊接施工应符合下列规定：

1 从事钢筋焊接施工的焊工应持有钢筋焊工考试合格证，并应按照合格证规定的范围上岗操作。

2 在钢筋工程焊接施工前，参与该项工程施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验，经试验合格后，方可进行焊接。焊接过程中，钢筋牌号、直径发生变更，应再次进行焊接工艺试验。工艺试验使用的材料、设备、辅料及作业条件均应与实际施工一致。

3 电渣压力焊只应使用于柱、墙等现浇混凝土构件中竖向受力钢筋的连接。

7.3.6 构件交接处的钢筋位置应符合设计要求。当设计无要求时，应保证主要受力构件和构件中主要受力方向的钢筋位置。框架节点处梁纵向受力钢筋宜放在柱纵向钢筋内侧；当主次梁底部标高相同，次梁下部钢筋应放在主梁下部钢筋之上；剪力墙中水平分布钢筋宜放在外侧，并宜在墙边弯折锚固。

7.3.7 钢筋安装应采用定位件固定钢筋位置，并宜采用专用定位件。定位件应具有足够的承载力、刚度、稳定性和耐久性。定位件的数量、间距和固定方式，应能保证钢筋的位置偏差符合国家现行有关标准的规定。混凝土框架梁、柱保护层内，不宜采用金属定位件。

7.3.8 钢筋用于预应力工程时，钢筋连接宜采用机械连接；丝头加工应使用水性润滑液，不得使用油性润滑液。

7.3.9 钢筋焊接或机械连接施工完成后，应对接头外观进行检

查并形成记录，施工过程中应保护成品质量，未经允许，不得随意弯曲或施焊。

7.3.10 当在海边或易形成腐蚀的地区使用钢筋时，应采取保护措施。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 当钢筋的品种、级别或规格需做变更时，应办理设计变更文件。

8.1.2 在浇筑混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收，其内容包括：

- 1 纵向受力钢筋的牌号、规格、数量、位置等；
- 2 钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- 3 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 4 预埋件的规格、数量、位置等。

8.2 钢筋材料质量验收

(I) 主控项目

8.2.1 钢筋进场时，应按本规程附录 A 抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合本规程附录 A 的规定。

检查数量：按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.2.2 成型钢筋进场时，应抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验，检验结果应符合本规程附录 A 的规定。

当有施工单位或监理单位的代表驻厂监督生产过程，并提供原材钢筋力学性能第三方检验报告时，可仅进行重量偏差检验。

检查数量：同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢

筋，不超过 30t 为一批，每批中每种钢筋名牌、规格均应至少抽取 1 个钢筋试件，总数不应少于 3 个。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.2.3 对按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件（含梯段），HRB600E 钢筋的强度和最大力下总伸长率应符合本规程 4.0.6 条的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查抽样检验报告。

8.2.4 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应停止使用该批钢筋，并对该批钢筋进行化学成分检验，检验应符合本规程附录 A.1.1 条的规定。

检查数量：试件数量应符合本规程附录 A.4.2 条的规定。

检验方法：检查化学成分等专项检验报告。

（Ⅱ）一般项目

8.2.5 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

8.2.6 成型钢筋的外观质量和尺寸偏差应符合国家现行相关标准的规定。

检查数量：同一厂家、同一类型的成型钢筋，不超过 30t 为一批，每批随机抽取 3 个成型钢筋试件。

检验方法：观察、尺量。

8.2.7 钢筋机械连接套筒、钢筋锚固板以及预埋件等的外观质量应符合国家现行相关标准的规定。

检查数量：按国家现行相关标准的规定确定。

检验方法：检查产品质量证明文件，观察，尺量。

8.3 钢筋加工质量验收

(I) 主控项目

8.3.1 钢筋弯折的弯弧内直径应符合本规程 7.2.5 条的规定。

检查数量：按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法：尺量。

8.3.2 纵向受力钢筋的弯折后长度应符合设计要求。

检查数量：按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法：尺量。

8.3.3 盘卷钢筋调直后应进行力学性能和单位长度重量偏差检验，非抗震构件纵向受力钢筋其强度、断后伸长率应符合本规程附录 A.1.2 的规定，抗震构件纵向受力钢筋其最大力作用下总伸长率应满足表 4.0.4 的要求，强度应满足本规程 4.0.6 条的规定。盘卷钢筋调直后重量偏差应符合本规程第 4.0.7 条的相关规定。力学性能和重量偏差检验应符合下列规定：

1 应对 3 个试件先进行重量偏差检验，再取其中 2 个试件进行力学性能检验；

2 重量偏差应按本规程附录 A.3.3 计算；

3 检验重量偏差时，试件切口应平滑并与长度方向垂直，其长度不应小于 500mm；长度和重量的量测精度分别不应低于 1mm 和 1g。

采用无延伸功能的机械设备调直的钢筋，可不进行本条规定的检查。

检查数量：同一加工设备、同一牌号、同一规格的调直钢筋，重量不大于 30t 为一批；每批见证抽取 3 个试件。

检验方法：检查抽样检查报告。

8.3.4 钢筋机械锚固端的加工应符合国家现行相关标准的规定。

钢筋锚固板应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定；钢筋锚固板加工与安装前，应对不同钢筋生产厂家的进场钢筋进行钢筋锚固板工艺检验，施工过程中，更换钢筋厂家、变更钢筋锚固板参数及形式时，应补充进行工艺检验。

检查数量：按现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定确定。

检验方法：按现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定进行工艺检验、抗拉强度检验、螺纹连接锚固板的钢筋丝头加工质量检验及拧紧扭矩检验、焊接锚固板焊缝检验。

(II) 一般项目

8.3.5 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求，加工偏差应符合表 8.3.5 的要求。

表 8.3.5 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的弯折位置	±20
箍筋外轮廓尺寸	±5

检查数量：按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法：尺量。

8.4 钢筋连接质量验收

(I) 主控项目

8.4.1 钢筋的连接方式应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

8.4.2 钢筋采用机械连接或焊接时，钢筋机械连接接头、焊接接头的力学性能、弯曲性能应符合国家现行相关标准的规定。接头试件应从工程实体中截取。

检查数量：按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 及《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.4.3 螺纹接头应检验拧紧扭矩值，挤压接头应量测压痕直径，检验结果应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法：采用专用扭力扳手或专用量规检查。

(II) 一般项目

8.4.4 钢筋接头的位置应符合设计和施工方案的要求。有抗震设防要求的结构中，梁端、柱端箍筋加密区范围内钢筋不应进行搭接。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量。

8.4.5 钢筋机械连接接头、焊接接头的外观质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定确定。

检验方法：观察、尺量。

8.4.6 当纵向受力钢筋采用搭接接头、机械连接或焊接连接的接头时，同一连接区段内纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合本规程的有关规定。

1 受拉接头，不宜大于 50%；受压接头，可不受限制；

2 直接承受动力荷载的结构构件中，不宜采用焊接；当采用机械连接时，不应超过 50%。

检查数量：在同一检验批内，对梁、柱和独立基础，应抽查构件数量的 10%，且不应少于 3 件；对墙和板，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不应少于 3 间；对大空间结构，墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面，板可按纵横轴线划分检查面，抽查 10%，且均不应少于 3 面。

检验方法：观察、尺量。

8.5 钢筋安装质量验收

(I) 主控项目

8.5.1 钢筋安装时，受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。钢筋代换应符合现行国家标准、设计图纸及技术核定单的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺、设计图纸、钢筋代换技术核定单。

8.5.2 受力钢筋的安装位置、锚固方式应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量。

(II) 一般项目

8.5.3 钢筋安装位置的偏差及检验方法应符合表 8.5.3 的规定。

梁板类构件上部受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 及以上，且不得有超过表 8.5.3 中数值 1.5 倍的尺寸偏差。

检查数量：在同一检验批内，对梁、柱和独立基础，应抽查构件数量的 10%，且不少于 3 件；对墙和板，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不应少于 3 间；对大空间结构，墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面，板可按纵横轴线划分检查面，抽查 10%，且均不应少于 3 面。

表 8.5.3 钢筋安装位置和允许偏差及检验方法

项目		允许偏差(mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	± 10	尺量
	网眼尺寸	± 20	钢尺量连续三档，取最大偏差值
绑扎钢筋骨架	长	± 10	尺量
	宽、高	± 5	尺量
纵向受力钢筋	锚固长度	-20	尺量
	间距	± 10	钢尺量两端、中间各一点， 取最大偏差值
	排距	± 5	
纵向受力钢筋、 箍筋的混凝土 保护层厚度	基础	± 10	尺量
	柱、梁	± 5	尺量
	板、墙、壳	± 3	尺量
绑扎箍筋、横向钢筋间距		± 20	尺量连续三档，取最大偏差值
钢筋弯起点位置		20	尺量，沿纵、横两个方向测量， 并取其中偏差的较大值
预埋件	中心线位置	5	尺量
	水平高差	$+3, 0$	塞尺量测

附录 A 热轧带肋钢筋技术条件

A.1 主要技术要求

A.1.1 钢筋牌号和化学成分应符合下列规定：

1 钢筋牌号及化学成分和碳当量（熔炼分析）应符合表 A.1.1 的规定。根据需要，钢中还可加入 V、Nb、Ti 等元素。

表 A.1.1 热轧带肋钢筋化学成分

牌号	化学成分（质量分数）（%）					碳当量 C_{eq} （%）
	C	Si	Mn	P	S	
	不大于					不大于
HRB600	0.28	0.80	1.60	0.040	0.040	0.58
HRB600E	0.28	0.80	1.60	0.035	0.035	0.58

2 钢筋的碳当量 C_{eq} （百分比）值可按式（A.1.1）计算：

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15 \quad (A.1.1)$$

3 钢筋的氮含量应不大于 0.012%。供方如能保证可不做分析。钢中如有足够数量的氮结合元素，含氮量的限制可适当放宽。

4 钢筋的成品化学成分允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 的规定。碳当量 C_{eq} （百分比）值的允许偏差为 +0.03%。

A.1.2 钢筋的力学性能应符合下列规定：

1 钢筋的屈服强度 f_{yk} 、抗拉强度 f_y 、断后伸长率 δ 、最大力下总伸长率 δ_{gt} 等力学性能特征值应符合表 A.1.2 的规定。表 A.1.2 所列各力学性能特征值，可作为交货检验的保证值。

表 A. 1. 2 热轧带肋钢筋力学参数

牌号	f_{yk} (MPa)	f_{stk} (MPa)	δ (%)	δ_{gt} (%)	f_{stk}^0/f_{yk}^0	f_{yk}^0/f_{yk}
	不小于					不大于
HRB600	600	730	15	7.5	—	—
HRB600E	600	750	15	9.0	1.25	1.30

注： f_{yk}^0 为钢筋屈服强度实测值； f_{stk}^0 为钢筋极限强度实测值。

2 公称直径 28mm～40mm 钢筋的断后伸长率 δ 可降低 1%；公称直径大于 40mm 钢筋的断后伸长率 δ 可降低 2%。

3 根据供需双方协议，HRB600 钢筋伸长率可根据断后伸长率 δ 或最大力下总伸长率 δ_{gt} 进行判定。HRB600E 钢筋伸长率应根据最大力下总伸长率 δ_{gt} 进行判定。

A. 1. 3 钢筋的工艺性能应符合下列规定：

1 按表 A. 1. 3 规定的弯弧内直径弯曲 180°后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。

表 A. 1. 3 热轧带肋钢筋最小弯弧内直径 (mm)

牌号	公称直径 d	弯弧内直径
HRB600 HRB600E	6～25	$6d$
	28～40	$7d$
	>40～50	$8d$

2 对牌号带 E 的钢筋应进行反向弯曲试验。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。若需方对钢筋反向弯曲性能有要求，不带 E 钢筋也可进行反向弯曲性能试验。可用反向弯曲试验代替弯曲试验。反向弯曲试验的弯弧内直径比弯曲试验相应增加一个钢筋公称直径。

3 根据需方要求，可进行疲劳性能试验。疲劳试验的技术要求和试验方法应按照 GB/T 28900 的规定。

4 钢筋的焊接工艺及接头的质量检验与验收应符合《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 等相关行业标准的规定。

A.2 检 验 项 目

A.2.1 每批钢筋的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法应符合表 A.2.1 的规定。

表 A.2.1 热轧带肋钢筋检测

序号	检验项目	取样数量（个）	取样方法	试验方法
1	化学成分 (熔炼分析)	1	GB/T 20066	GB/T 223、 GB/T 4336、 GB/T 20123、 GB/T 20124、 GB/T 20125
2	拉伸	2	不同根（盘） 钢筋切取	GB/T 28900、 本规程 A. 3. 1
3	弯曲	2	不同根（盘） 钢筋切取	GB/T 28900、 本规程 A. 3. 1
4	反向弯曲	1	任一根（盘） 钢筋切取	GB/T 28900、 本规程 A. 3. 1
5	金相组织	2	不同根（盘） 钢筋切取	GB/T 13298
6	连接性能	JGJ 18、JGJ 107		
7	尺寸	逐根	—	本规程 A. 3. 2
8	表面	逐根	—	目测
9	重量偏差	本规程 A. 3. 3		本规程 A. 3. 3
对于化学成分的试验方法优先采用 GB/T 4336，对化学分析结果有争议时，仲裁试验应按照 GB/T 223 相关部分进行。				

注：晶粒度、连接性能仅在原料、生产工艺、设备有重大变化及新产品生产时进行检验。

A.3 试验方法

A.3.1 钢筋的拉伸、弯曲、反向弯曲试验应符合下列规定：

- 1 拉伸、弯曲、反向弯曲试验试样不应进行车削加工。
- 2 试验试样截面面积应采用公称横截面面积。
- 3 最大力下总伸长率 δ_{gt} 的检验按现行国家标准《金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1 的有关试验方法进行。

4 反向弯曲试验，先正向弯曲 90° ，把经正向弯曲后的试验在 $100^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 温度下保温不少于 30min，经自然冷却后再反向弯曲 20° 。两个弯曲角度均应在保持荷载时测量。当钢筋的人工时效后的反向弯曲性能满足要求时，正向弯曲后的试样可在室温下直接进行反向弯曲试验。

A.3.2 钢筋的尺寸测量应符合下列规定：

- 1 带肋钢筋内径的测量应精确到 0.1mm。
- 2 带肋钢筋纵肋、横肋高度的测量应精确到 0.1mm。带肋钢筋纵肋、横肋高度应按式 (A.3.2-1) 计算。

$$\text{肋高} = \frac{\text{测量同一截面外径} - \text{测量同一截面内径}}{2} \quad (\text{A.3.2-1})$$

3 带肋钢筋横肋间距的测量应精确到 0.1mm。带肋钢筋横肋间距应按式 (A.3.2-2) 计算。

$$\text{横肋间距} = \frac{\text{任意 11 个横肋连续中心距离}}{10} \quad (\text{A.3.2-2})$$

A.3.3 钢筋的重量偏差的测量应符合下列规定：

1 测量钢筋重量偏差时，试样应从不同根、捆钢筋上随机截取。试样数量应不少于 5 根，每根试样长度应不小于 500mm。长度应逐支测量，并应精确到 1mm。测量试样总重量应精确至不大于总重量的 1%。

2 钢筋实际重量与理论重量的偏差(%)按公式(A.3.3)计算：

$$\text{重量偏差} = \frac{\text{试样实际总重量} - (\text{试样总长度} \times \text{理论重量})}{\text{试样总长度} \times \text{理论重量}} \times 100$$

(A. 3. 3)

A. 3. 4 钢筋的检验结果的数值修约与判定应符合《冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定》YB/T 081 的规定。

A. 4 交 货 检 验

A. 4. 1 钢筋的组批原则应符合下列规定：

1 同一牌号、同一炉罐号、同一规格、同一加工方法、同一交货状态的钢筋，不超过 60t 为一批，试验试样数量应符合本规程表 A. 2. 1 的规定。超过 60t 时，每增加 40t（或不足 40t 的余数），增加 1 个拉伸试验试样和 1 个弯曲试验试样。

2 当由不同炉罐号组成混合批时，各炉罐号含碳量之差不应大于 0.02%，含锰量之差不应大于 0.15%。混合批不超过 60t 为一批，试验试样数量应符合本规程表 A. 2. 1 的规定。超过 60t 时，每增加 40t（或不足 40t 的余数），增加 1 个拉伸试验试样和 1 个弯曲试验试样。

A. 4. 2 钢筋的复验与判定应符合现行国家标准《钢及钢产品交货一般技术要求》GB/T 17505 的规定。钢筋的重量偏差项目不允许复验。

A. 4. 3 当出现以下情形时，可按《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 规定的特征值检验对钢筋进行检验：

- 1 供方对产品质量控制的检验；
- 2 需方提出要求，经供需双方协议一致的检验；
- 3 第三方产品认证及仲裁检验。

A. 5 订 货 内 容

A. 5. 1 按本附录 A 订货的合同至少应包括下列内容：

- 1 标准编号；

- 2 产品名称；
- 3 钢筋牌号；
- 4 钢筋公称直径、长度及重量（或数量）；
- 5 特殊要求。

A.6 包装、标志和质量证明书

A.6.1 钢筋的包装、质量证明书应符合《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2101 的规定。

A.6.2 带肋钢筋应在其表面轧上表面标志。带肋钢筋的表面标志由强度级别、经注册的厂名或商标、公称直径三部分组成。热轧带肋抗震钢筋还应在强度级别后加字母“E”。

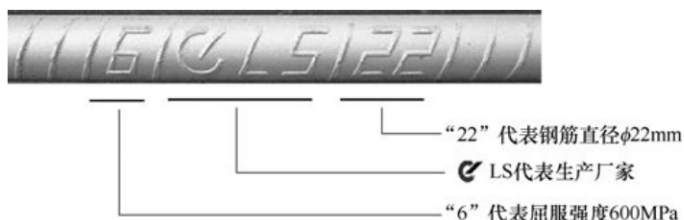


图 A.6.2-1 普通热轧带肋钢筋

例如图 A.6.2-1 为普通热轧带肋钢筋，其中：

6——强度级别为 600，单位为 MPa；

LS——经注册的厂名或商标；

22——钢筋公称直径为 22，单位为毫米。

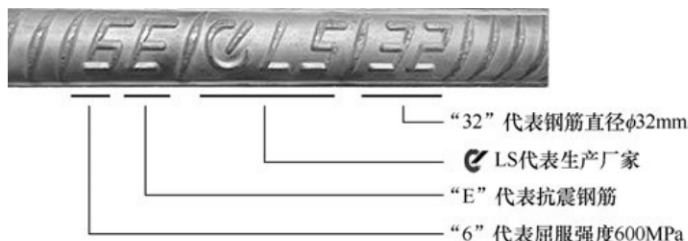


图 A.6.2-2 热轧带肋抗震钢筋

例如图 A.6.2-2 为热轧带肋抗震钢筋，其中：

- 6——强度级别为 600，单位为 MPa；
- E——有抗震性能要求；
- LS——经注册的厂名或商标；
- 32 ——钢筋公称直径为 32，单位为毫米。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。

引用标准名录

- 1 《钢铁酸溶硅和全硅含量的测定》GB/T 223. 5
- 2 《钢铁及合金铬含量的测定》GB/T 223. 11
- 3 《钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量》GB/T 223. 12
- 4 《钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量》GB/T 223. 14
- 5 《钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量》GB/T 223. 19
- 6 《钢铁及合金镍含量的测定》GB/T 223. 23
- 7 《钢铁及合金钼含量的测定》GB/T 223. 26
- 8 《钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离靛酚蓝光度法测定氮量》GB/T 223. 37
- 9 《钢铁及合金铌含量的测定》GB/T 223. 40
- 10 《钢铁及合金磷含量的测定》GB/T 223. 59
- 11 《钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠（钾）光度法测定锰量》GB/T 223. 63
- 12 《钢铁及合金硫含量的测定》GB/T 223. 85
- 13 《钢铁及合金总碳含量的测定》GB/T 223. 86
- 14 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499. 2
- 15 《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2101
- 16 《碳素钢和中低合金钢多元素含量的测定》GB/T 4336
- 17 《金属显微组织检验方法》GB/T 13298
- 18 《钢及钢产品交货一般技术要求》GB/T 17505

19 《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066

20 《钢铁总碳硫含量的测定》GB/T 20123

21 《钢铁氮含量的测定》GB/T 20124

22 《低合金钢多元素含量的测定》GB/T 20125

23 《钢筋混凝土用钢材试验方法》GB/T 28900

24 《混凝土结构设计规范》GB 50010

25 《建筑抗震设计规范》GB 50011

26 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153

27 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

28 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

29 《普通螺纹 公差》GB/T 197

30 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

31 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

32 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

33 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

34 《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256

35 《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366

36 《冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定》YB/T 081

37 《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163

山东省工程建设标准

600MPa 级普通热轧带肋钢筋
应用技术规程

DB37/T 5144—2019

条文说明

目 次

1 总则	44
3 基本规定	45
4 材料	46
5 结构设计	52
6 构造规定	58
6.1 钢筋的锚固	58
6.2 钢筋的连接	58
6.3 纵向钢筋的最小配筋率	58
7 施工	59
7.1 一般规定	59
7.2 钢筋加工	59

Contents

1	General Provisions	44
3	General Requirements	45
4	Materials	46
5	Structural Design	52
6	Detailing Requirements	58
6.1	Anchorage of Reinforcement	58
6.2	Splice of Reinforcement	58
6.3	Minimum Ratio of Reinforcement	58
7	Construction	59
7.1	Basic Requirements	59
7.2	Reinforcement Fabrication	59

1 总 则

1.0.2 本规程不适用于轻骨料混凝土、特种混凝土结构以及需做疲劳验算构件的设计。本规程是对配置 HRB600 及 HRB600E 钢筋的混凝土结构应用的基本要求，设计单位要按照钢筋推广应用的目标和进程，加强工程设计管理。

3 基本规定

3.0.1 根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010（2015 版）第 4.2.3 条的规定，当用于受剪、受扭、受冲切承载力计算时，钢筋强度取值大于 360N/mm^2 时应取 360N/mm^2 。600MPa 级热轧带肋钢筋用作受剪、受扭、受冲切钢筋，不能充分发挥热轧带肋钢筋的强度优势，宜优先选用较低强度级别的钢筋。

3.0.3 钢筋混凝土结构正常使用极限状态设计时考虑的荷载组合有标准组合和准永久组合。在标准组合中，含有起控制的一个可变荷载标准值效应；在准永久组合中，含有可变荷载准永久值效应。

对于构件挠度、裂缝宽度计算，钢筋混凝土构件采用荷载准永久组合并考虑长期作用的影响；预应力混凝土构件采用荷载标准组合并考虑长期作用的影响。

3.0.4 裂缝控制等级划分为三级，等级是对裂缝控制严格程度而言的，设计人员根据具体情况选用不同的等级。关于构件裂缝控制等级的划分，国际上一般都根据结构的功能要求、环境条件对钢筋的腐蚀影响、钢筋种类对腐蚀的敏感性和荷载作用时间等因素来考虑。

4 材 料

4.0.1、4.0.2 编制组在参照相关生产厂家提供的材料力学性能报告的基础上,实施了 600MPa 级热轧带肋钢筋的拉拔试验,共 21 个试样,直径包含 10mm、14mm、16mm、18mm、20mm、22mm、25mm,共 7 种规格。试件编号、屈服强度实测值及极限强度实测值如表 1 所示。

表 1 600MPa 级热轧带肋钢筋拉拔试验强度数据

试件编号	屈服强度实测值 (MPa)	极限强度实测值 (MPa)	试件编号	屈服强度实测值 (MPa)	极限强度实测值 (MPa)
600-10-1	679.7	841.6	600-18-3	626.4	795.9
600-10-2	677.2	834.4	600-20-1	648.0	820.3
600-10-3	677.6	834.4	600-20-2	656.0	831.1
600-14-1	660.3	827.6	600-20-3	647.1	821.3
600-14-2	653.5	821.6	600-22-1	656.7	800.2
600-14-3	645.1	810.1	600-22-2	637.9	802.4
600-16-1	626.5	774.8	600-22-3	643.1	804.7
600-16-2	624.6	783.8	600-25-1	631.3	810.3
600-16-3	620.3	780.2	600-25-2	632.8	814.4
600-18-1	638.1	800.9	600-25-3	640.7	819.7
600-18-2	644.1	813.0			

(1) 屈服强度标准值、抗拉强度设计值

根据表 1 的数据,屈服强度实测值的平均值 $\overline{f_{yk}} = 646.1\text{MPa}$,标准差为 $\sigma_{yk} = 17.4\text{MPa}$ 。根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 4.2.2 条,钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。钢筋的强度设计值为其强

度标准值除以材料分项系数 γ_s 的数值，600MPa 级钢筋适当提高安全储备，取为 1.15。

对于屈服强度标准值：

$f_{yk} = \overline{f_{yk}} - 1.645\sigma_{yk} = 646.1 - 1.645 \times 17.4 = 617.5\text{MPa}$ ，屈服强度标准值可取 $f_{yk} = 600\text{MPa}$ 。

对于抗拉强度设计值： $f_y = f_{yk}/\gamma_s = 600/1.15 = 521.7\text{MPa}$ ，可以取抗拉强度设计值为 $f_y = 520\text{MPa}$ 。

(2) 偏心受压构件的钢筋抗压强度设计值

对于抗压强度设计值，根据编制组实施的偏压柱试验结果，钢筋应变与混凝土应变基本同步，如表 2 所示。

表 2 600MPa 级热轧带肋钢筋混凝土偏压柱试验数据

偏压柱编号	受压筋应变	混凝土受压边缘应变	受压筋部位混凝土应变	受压筋/混凝土应变比
A1	-3022	-3312	-3104	0.97
A2	-2601	-3031	-2610	1.00
A3	-2531	-3670	-2593	0.98
B1	-3135	-3627	-3045	1.03
B2	-2750	-3504	-3232	0.85
C1	-3009	-3293	-2921	1.03
C3	-2400	-2950	-2455	0.98
D1	-3323	-3801	-3387	0.98
D2	-2541	-2876	-2533	1.00
D3	-2547	-3259	-2580	0.99

受压钢筋应变与钢筋部位混凝土受压应变之比均值为 0.98，标准差为 0.05，变异系数为 0.05，验证了钢筋的压应变和钢筋所在部位混凝土压应变是基本一致的。根据试验结果求得抗压强度的材料分项系数 $\gamma_s = 1/(1 - 0.05 \times 3.6) = 1.22$ 。

①抗压强度设计值的理论值

混凝土构件正截面承载力计算基于平截面假定。根据平截面

假定, 构件达到承载力极限状态时, 钢筋的压应变等于混凝土受压区极限压应变。混凝土受压区的平均极限压应变 ϵ_{cu} 可按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 式 (6.2.1-5) 取值。当混凝土等级为 C50 及以下时, ϵ_{cu} 为 0.0033; 当混凝土等级为 C80 时, ϵ_{cu} 为 0.003。因此, 构件达到承载力极限状态时, 钢筋的压应变 ϵ_{su} 可取 0.003, 则钢筋的理论抗压强度标准值可取 $f'_{yk,t} = 0.003 \times 200000 = 600\text{MPa}$, 理论抗压强度设计值 $f'_{y,t} = f'_{yk,t} / \gamma_s = 600 / 1.22 = 491.8\text{MPa}$ 。

② 抗压强度设计值的实测值

根据表 2 的试验结果数据, 受压钢筋应变与钢筋部位混凝土受压应变之比均值为 0.98, 标准差为 0.05, 变异系数为 0.05。当混凝土受压区达到极限压应变, 钢筋的压应力平均值为 $\overline{f'_y} = 0.003 \times 190000 \times 0.98 = 558.6\text{MPa}$, 标准差 $\overline{\sigma_y} = 0.05 \times 558.6 = 28.0\text{MPa}$, 具有 95% 保证率的钢筋压应力为 $f'_y = 558.6 - 1.645 \times 28 = 512.5\text{MPa}$ 。

③ 抗压强度设计值

综合①和②的计算结果, 600MPa 级热轧带肋钢筋的抗压强度设计值可取 490MPa。

(3) 轴心受压构件的钢筋抗压强度设计值

根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 于 2015 年的局部修订, 对 500MPa 级钢筋, 特意区分了其用于轴心受压构件时的抗压强度设计值。该修订认为, 混凝土轴压构件破坏时, 混凝土极限压应变为 0.002, 钢筋压应变与混凝土压应变同步即轴压构件破坏时钢筋压应变取 0.002 (依现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010, 0.002 为混凝土压应力达到 f_c 时的混凝土压应变)。钢筋应变乘以钢筋弹性模量即为用于混凝土轴压构件的 500MPa 级钢筋抗压强度: 400MPa。

根据编制组实施的轴压构件试验, 600MPa 级热轧带肋钢筋混凝土构件的混凝土极限压应变在 0.0015~0.0024 之间, 钢筋压应变与混凝土压应变基本同步。按前述方法, 取轴压构件破坏

时混凝土压应变为 0.002，从而取 600MPa 级钢筋用于轴压构件的抗压强度为 $0.002 \times 200000 = 400\text{MPa}$ 。

编制组对比分析了配置 600MPa 级热轧带肋钢筋的混凝土轴压构件承载力的实测值与理论计算值（按钢筋抗压强度取 400MPa 计算），如表 3 所示。

表 3 600MPa 级热轧带肋钢筋混凝土轴压柱承载力计算值与实测值（kN）

轴压柱编号	实测破坏轴力 N_U^T	计算破坏轴力 N_U^C	N_U^T / N_U^C
A1	1917	1582	1.21
A2	1961	1687	1.16
A3	2067	1938	1.07
A4	2801	2044	1.37
		均值	1.20
		标准差	0.127
		变异系数	0.11

N_U^C 为钢筋抗压强度取 400MPa，混凝土强度取实测混凝土轴心抗压强度实测值计算的轴压柱承载力。计算方法按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行。实测破坏轴力是理论计算破坏轴力的 1.20 倍，600MPa 级热轧带肋钢筋用于轴压构件时抗压强度取 400MPa。

综上所述，600MPa 级热轧带肋钢筋用于轴压构件时，抗压强度设计值可取 400MPa。

（4）用作横向钢筋时取值

横向钢筋用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时之所以限制其数值不大于 360N/mm^2 ，是为了控制裂缝发展不至于过大；对于约束混凝土的钢筋，其作用是约束混凝土结构的横向变形，因此控制柱、约束边缘构件的箍筋体积配箍率和局部承压计算，可不受此条限制。

（5）极限强度标准值

根据表 1 的数据，极限强度实测值的平均值 $\overline{f_{stk}} =$

811.6MPa，标准差为 $\sigma_{\text{stk}} = 18.2\text{MPa}$ 。根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 4.2.2 条，钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

对于极限强度标准值：

$$f_{\text{stk}} = \overline{f_{\text{stk}}} - 1.645\sigma_{\text{stk}} = 811.6 - 1.645 \times 18.2 = 781.5\text{MPa},$$
屈服强度标准值可取 $f_{\text{stk}} = 750\text{MPa}$ 。

《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的最新修订列入了 HRB600，但未列入 HRB600E。该修订规定 HRB600 钢筋的极限强度标准值为 730MPa。本规程与《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的最新修订保持统一，取 HRB600 钢筋的极限强度标准值为 730MPa。

4.0.3 由于制作偏差、基圆面积率不同等因素的影响，实际钢筋受力后的变形模量存在一定的不确定性，而且通常不同程度的偏小。因此必要时可通过试验测定钢筋的实际弹性模量，用于设计计算。

4.0.4 根据我国钢筋标准，将最大力下总伸长率 δ_{gt} 作为控制钢筋延性的指标。最大力下总伸长率 δ_{gt} 不受断口一颈缩区域局部变形的影响，反映了钢筋拉断前达到最大力（极限强度）时的均匀应变，故又称均匀伸长率。

4.0.5 本条提出了混凝土最低强度等级的限制。

施工时，梁、板一般共同浇筑，因此将梁、板的最低混凝土强度等级同取为 C30。

根据郑州大学刘立新针对高强钢筋应用的研究，当混凝土强度等级低于 C40 时，钢筋在节点处的锚固长度要求较难满足，因此墙柱混凝土等级不宜设置过低。结合了锚固板等措施可有效减小高强钢筋锚固长度的试验结果，规定用于墙、柱时，强度不宜低于 C40，不应低于 C35。

4.0.6 规定抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25，是为了保证当构件某个部位出现塑性铰以后，塑性铰处有足够的转动能力与耗能能力。同时规定屈服强度实测值与标准值

的比值，以实现强柱弱梁、强剪弱弯的内力调整。

纵向钢筋的延性及伸长率，是钢筋延性的重要性能指标。其取值依据产品标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 规定的钢筋抗震性能指标提出。

5 结构设计

5.0.1 热轧带肋钢筋作为受力钢筋的混凝土结构，在规定的荷载组合下的结构效应分析与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 完全相同。

热轧带肋钢筋作为受力钢筋的混凝土受弯构件的设计方法同现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010，因此设计可利用符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的混凝土结构设计软件，但钢筋的计算参数需做调整。钢筋代换后应复核裂缝宽度、最小配筋率等。尽量选用直径较细的热轧带肋钢筋，以满足裂缝宽度的要求。

5.0.2 超静定混凝土结构在出现塑性铰的情况下，会发生内力重分布。可利用这一特点进行构件截面之间的内力调幅，以达到简化构造、节约配筋的目的。本条规定给出了可以采用塑性调幅设计的构件或结构类型。

提出了考虑塑性内力重分布分析方法设计的条件。按考虑塑性内力重分布的计算方法进行构件或结构的设计时，由于塑性铰的出现，构件的变形和抗弯能力调小部位的裂缝宽度均较大。故进一步明确允许考虑塑性内力重分布构件的使用环境，并强调应进行构件变形和裂缝宽度验算，以满足正常使用极限状态的要求。

采用基于弹性分析的塑性内力重分布方法进行弯矩调幅时，弯矩调整的幅度及受压区的高度均应满足本条的规定，以保证构件出现塑性铰的位置有足够的转动能力并限制裂缝宽度。

现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 第 5.2.3 条规定现浇框架梁端负弯矩调幅系数可取 0.8~0.9，即调整幅度不超过 20%。

5.0.3 我国现行裂缝宽度计算公式的基本思路是先确定短期荷载作用下裂缝宽度的平均值，然后乘以相关参数得出考虑长期荷载作用的裂缝宽度值，该裂缝宽度值能够包络 95% 的裂缝宽度，即公式的保证率为 95%。裂缝宽度的计算公式如下：

$$w_{\max} = \tau_l \tau_s w_m \quad (1)$$

$$w_m = \alpha_c \psi \frac{\sigma_{sk}}{E_s} l_{cr} \quad (2)$$

$$l_{cr} = \beta \left(1.9 c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \quad (3)$$

$$\psi = \omega_1 \left(1 - \frac{M_{cr}}{M_k} \right) \quad (4)$$

其中， $w_{\max}$ 为最大裂缝宽度； w_m 为平均裂缝宽度； τ_l 为考虑长期作用影响的扩大系数； τ_s 为短期裂缝宽度的扩大系数； α_c 为反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数； ψ 为受弯构件裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数； l_{cr} 为平均裂缝间距。

为研究裂缝宽度计算公式中各参数取值，编制组实施的 600MPa 级钢筋混凝土梁受弯试验，根据收集到的试验数据，分析如下：

(1) 短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s

根据试验数据，按下式求出每根梁上的各条裂缝宽度 w_{si}^0 与同一根梁上的平均裂缝宽度 w_m^0 的比值 τ_{si} ：

$$\tau_{si} = \frac{w_{si}^0}{w_m^0} \quad (5)$$

现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中 $\tau_{si} \sim N(1, 0.4^2)$ ，根据试验数据的统计分析可知，HRB600 钢筋混凝土梁的 $\tau_{si} \sim N(1, 0.35^2)$ ，这说明了配置钢筋后，受弯构件产生的裂缝宽度值离散性得到改善。浙江大学的金伟良等在试验研究配置 500MPa 级钢筋混凝土梁裂缝宽度时也发现了类似的现象，

其统计结果表明配置 500MPa 级钢筋混凝土梁的 τ_{si} 分布基本服从正态分布 $N(1.0, 0.37^2)$ 。

根据试验数据统计结果, 当取 95% 的保证率时, 短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s 的值为:

$$\tau_s = 1.0 + 1.645 \times 0.35 \approx 1.58 \quad (6)$$

现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定 τ_s 的取值为 1.66, 是试验结果的 1.05 倍。

(2) 考虑长期作用影响的扩大系数 τ_l

现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的 $\tau_l = 1.5$ 是基于低强度钢筋长期试验得到的, 自 89 版规范引入该参数后, 此参数的取值未有变化。由于缺乏长期荷载作用下受弯构件裂缝宽度的实测数据, 因此本规程沿用该参数取值。

(3) 反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数 α_c

根据平均裂缝宽度的试验值 w_m^0 、纵向受拉钢筋平均应变的试验值 ϵ_{sm}^0 和平均裂缝间距的试验值 l_{cr}^0 , 由下式可求得影响系数 α_c 的试验值:

$$\alpha_c^0 = \frac{w_m^0}{\epsilon_{sm}^0 l_{cr}^0} \quad (7)$$

通过计算可知, α_c^m 的平均值为 0.725, 小于规范中所取的 0.77。华侨大学的杜毛毛在试验研究钢筋混凝土受弯的裂缝宽度时建议 α_c 的取值为 0.75。同济大学的赵勇等在研究配置 500MPa 级钢筋混凝土受弯梁的裂缝宽度时也提出了规范中 α_c 取值偏高的观点, 其建议的 α_c 取值在 0.63~0.68 之间。因此, 可以看出通过低强度钢筋混凝土梁统计的数据推算的 α_c 值在钢筋等级提高之后, 其准确性值得商榷。

根据本次试验的结果以及其他钢筋受弯构件裂缝宽度的研究, 配置 600MPa 级钢筋受弯构件的 α_c 建议取值 0.73。

(4) 受弯构件裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ

《混凝土结构设计规范》TJ 10—74 中指出光圆钢筋的 ω_1 的

取值为 1.2，带肋钢筋的取值为 1.1。《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 未区分带肋钢筋和光圆钢筋与混凝土之间握裹力的差别，将光圆钢筋的 ω_1 取值改为了 1.1，并统一取为该值。《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 沿用了该值。本规程为了如实反映热轧带肋钢筋与混凝土之间的握裹力，以实测数据与理论值的对比分析，将 ω_1 的取值修改为 1.0，即

$$\phi = 1 - \frac{M_{cr}}{M_k} = 1 - 0.55 \frac{f_{tk}}{\rho_{te}\sigma_s} \quad (8)$$

(5) 裂缝公式修正

裂缝计算公式得到的计算值偏大，就会使构件为了满足裂缝要求而配置更大的钢筋截面积，这将使钢筋的经济性优势得不到发挥。根据试验数据的统计分析，对现行规范中裂缝公式的修改如下：

短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s 的取值由 1.66 改为 1.58；

反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数 α_c 的取值由 0.77 改为 0.73；

ϕ 在计算时，参照式(8)考虑；为保证裂缝宽度计算公式中参数的取值和《混凝土结构设计规范》GB 50010 保持一致，因此在裂缝计算公式中引入裂缝宽度修正系数 C_w 。 $C_w = (1.58/1.6) \times (0.73/0.77) \times (1/1.1) = 0.82$ ，为提高裂缝宽度计算公式的包络性，将 C_w 放大至 0.85。

(6) 当混凝土保护层厚度较大时，虽然裂缝宽度计算值也较大，但较大的混凝土保护层厚度对防止钢筋锈蚀是有利的。因此混凝土保护层厚度较大的构件，当在外观要求上允许时，可根据实际经验，对现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 所规定的裂缝宽度允许值做适当放大。

(7) 根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010，对混凝土保护层厚度较大、配置表层钢筋网片的构件，裂缝宽度修正系数 C_w 取 0.7。

(8) 对处于二 a 类环境下的地下室底板,迎水面混凝土保护层厚度较大,对裂缝控制可略为放松,裂缝计算宽度可适当折减,可取裂缝宽度修正系数 C_w 为 0.7。

实际工程中混凝土裂缝的产生并不是单纯的由于构件受荷而产生,很多因素都会引起混凝土构件的开裂。目前国际上控制荷载裂缝的方式分为两类:一类为构造控制法,即通过对钢筋的直径和间距的限定来控制荷载裂缝;另一类就是理论计算值控制,即通过对裂缝宽度计算公式计算出的理论值的限定来控制荷载裂缝。第一类方法实际上是第二类方法的简化,钢筋直径和间距的限定是通过对裂缝宽度计算公式的推导得到的。与国外规范对荷载裂缝的规定相比,我国规范中的规定偏于保守。图 1 为选取的四根具有代表意义的混凝土梁其裂缝宽度实测值与中 (GB 50010—2010)、美 (ACI 318-08)、欧 (EN 1992-1-1: 2004) 三种规范以及本规程中裂缝宽度理论值的对比 (选取的四根梁为配置 600MPa 级热轧带肋钢筋的混凝土受弯梁)。其中,ACI 318-08 中采用限定构造来控制裂缝宽度,但其构造限定是依据 R. J. Frosch 建议的最大裂缝宽度计算公式提出的。

从图 1 可以看出,对于配置钢筋的混凝土受弯构件,我国规范的裂缝宽度计算值偏大,过于保守,而美国规范的保证率偏低。本规程中裂缝宽度计算值在欧洲规范与我国规范之间,但仍能保证对实测值的包络。

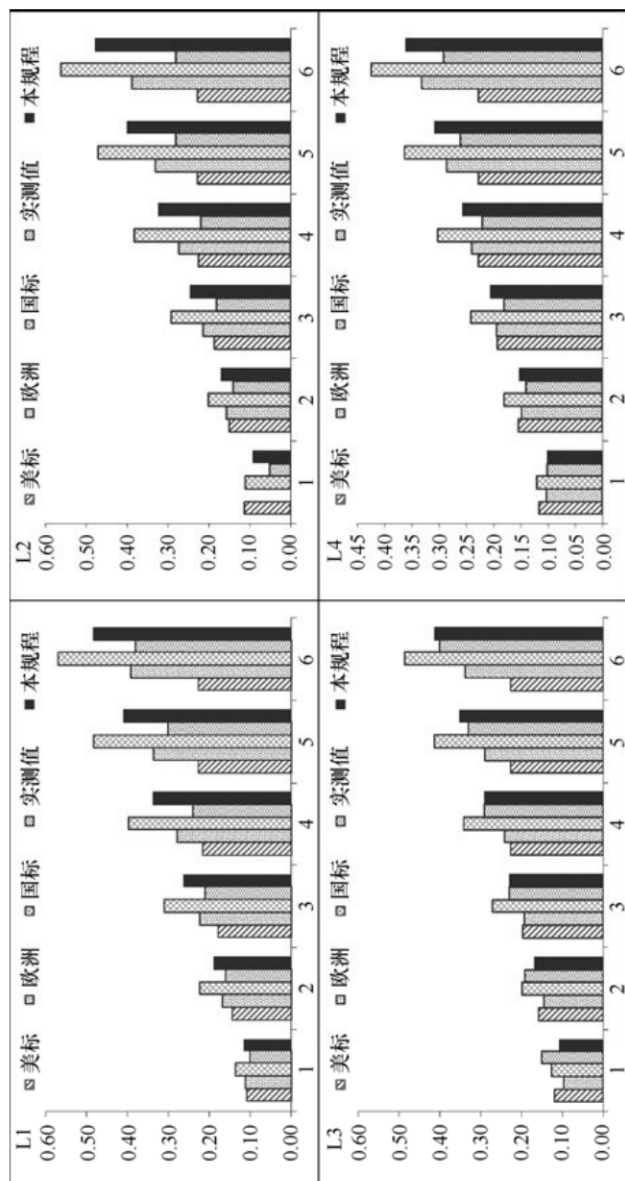


图 1 三种规范以及本规程中裂缝宽度理论值与实测值的对比

- 注：1. L1~L4 为配筋率和混凝土强度等级不同的 600MPa 级热轧带肋钢筋混凝土梁；
 2. 图中横坐标为施加的荷载等级标号，纵坐标为相应荷载下梁上出现的最大裂缝宽度，单位为 mm；
 3. 每组柱状图自左向右依次代表依据美国规范、欧洲规范、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 得到的裂缝宽度计算值、实测值以及依据本规程得到的裂缝宽度计算值。

6 构造规定

6.1 钢筋的锚固

6.1.1 我国钢筋强度不断提高，结构形式的多样性也使锚固条件有了很大的变化，根据近年来系统试验研究及可靠度分析的结果并参考国外标准，现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 给出了以简单计算确定受拉钢筋锚固长度的方法。其中基本锚固长度取决于钢筋强度及混凝土抗拉强度，并与锚固钢筋的直径及外形有关。

HRB600 及 HRB600E 钢筋外形与其他普通热轧带肋钢筋相同，基本锚固长度 l_{ab} 、锚固长度 l_a 同现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.1.3 采用钢筋锚固板可节约钢材，方便施工。

6.2 钢筋的连接

6.2.2 现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 规定的钢筋套筒最小规格为 12mm 钢筋连接用套筒。采用机械连接，需对钢筋端部加工螺纹，造成截面损失，降低钢筋的承载力。本条将可采用机械连接的钢筋规格限制提高至 14mm，防止因小直径钢筋螺纹加工的截面损失造成的钢筋承载力下降，导致结构构件不安全。

6.3 纵向钢筋的最小配筋率

6.3.4 配置 600MPa 级热轧带肋钢筋的混凝土构件的各类构造，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 及现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定执行。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.2 混凝土结构施工的钢筋连接方式由设计确定，且应考虑施工现场的各种条件。如设计要求的连接方式因施工条件需要改变，需办理变更文件。如设计没有规定，可由施工单位根据相关标准的有关规定和施工现场条件与设计单位协商确定。

7.1.3 当需用 HRB600 或 HRB600E 钢筋代换其他强度等级的钢筋时，应经设计单位同意，并应办理设计变更文件。

7.2 钢 筋 加 工

7.2.1 成型钢筋的应用可以减少钢筋的损耗且有利于控制质量，同时缩短钢筋现场存放的时间，有利于钢筋的保护。成型钢筋的专业化生产应采用自动化机械设备进行钢筋调直、切割和弯折，其性能应符合现行行业标准《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366 的有关规定。